



TITLE:

The Temperature Dependence of Forced Magnetostriction(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Tsuji, Toshiro

CITATION:

Tsuji, Toshiro. The Temperature Dependence of Forced
Magnetostriction. 京都大学, 1958, 理学博士

ISSUE DATE:

1958-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/210627>

RIGHT:

【 3 】

氏 名	辻 俊 郎 つし とし ろう
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 3 号
学 位 授 与 の 日 付	昭和33年3月24日
学 位 授 与 の 要 件	理学研究科化学専攻・博士課程修了者 (学位規則第5条第1項該当)
学 位 論 文 題 目	The Temperature Dependence of Forced Magnetostriction (強制磁歪の温度変化)
	(主 査)
論 文 調 査 委 員	教 教 高 木 秀 夫 教 授 佐々木申二 教 授 山 本 常 信

論 文 内 容 の 要 旨

強磁性単結晶の磁化過程に伴う磁歪の研究は数多くなされている。辻俊郎らは、わが国で初めて磁歪の測定にストレインゲージを用いることに成功し、3.2% Si の珪素鋼の磁歪を測定し、今まで多くなされた光学的方法による結果と比較して、多くの新しい知見を得ている(参考論文その一参照^{-注1})。磁化過程に伴う磁歪は結晶方向により様子が異なり異方性を示し、任意の結晶方向の磁歪は二つないし数個の磁歪定数によって表現される。この際、磁区の分布の基準状態が問題となるのであって、その一つに、十分高い磁場におかれたときの飽和磁化の状態がとられる。十分高い磁場というのは、いわゆる、磁化の飽和漸近則が成立し始める磁場であり、それより高い磁場でも、一般に、飽和磁化の値はまだわずかながら増加し、厳密な意味で、完全には飽和していない。そして、磁歪もわずかに磁場とともにほとんど直線的に変化する。これは強制磁歪と呼ばれている。したがって、この強制磁歪が異方性をもてば、磁歪定数は当然磁場の強さに依存する値となるはずである。さきに、Vautier は、鉄の強制磁歪にいちじるしい異方性のあることを見いだしたが、辻らは、珪素鋼(2.6% Si および 3.2% Si)ではその異方性が小さく、等方的な部分の数%以下であることを見いだしている(参考論文その二参照^{-注2})。Calhoun と Carr も、鉄および珪素鋼(3.0% Si および 4.8% Si)について、辻らと同様な結果を得ている。したがって、強性磁歪は、等方的な部分のみに注目し、体積磁歪とも呼ばれている。

辻は、主論文において、その等方的な強制磁歪を問題にし、液体酸素の温度から約 250°C の間、磁場の強さ 23,000 エルステッドまでの強制磁歪を測定し、その結果について、熱力学的考察を下している。

そこで、まず、常温における強制磁歪を吟味している。辻は、強制磁歪は磁場による自発磁化の増加に伴って起こる現象であるから、キュリー点以下の強磁性発生に伴う異常膨張(あるいは収縮)と同じ原因による磁歪と考えている。ところで、キュリー点以下における熱膨張の体積異常変化 ω は、Néel により分子場近似において、 $\omega = \omega_0 (I/I_0)^2$ によって示され、実測値とよく一致している。ここで、 I および I_0 は、それぞれ任意の温度および 0°K の自発磁化の強さであり、 ω_0 は 0°K における異常膨張である。

そこで、辻は、上式が単に熱膨張の異常を理論的に説明するだけにとどまらず、強制磁歪の分析にも有用なことを見いだしている。すなわち、 I を温度のみならず磁場 H の関数とみれば、上式から、 $\delta\omega/\delta H = 2\omega \cdot (I/I_0) \cdot (\delta I/\delta H)$ が導かれ、ここに、 $\delta\omega/\delta H$ は強制磁歪にはかならない。ゆえに、 ω 、 I および $\delta I/\delta H$ の実測値から $\delta\omega/\delta H$ が計算され、実測値と比較することができる。常温において、ニッケル、鉄および鉄ニッケル合金 (32% Ni および 37% Ni) について実験を行ない、その符号および大きさがよく一致していることを示している。また、銅ニッケル合金 (10% Cu, 20% Cu および 30% Cu) や Mn-Zn Ferrite についても強制磁歪を実測しているが、 ω が求められていないので比較することができない。しかし、Mn-Zn Ferrite は大きい負の強制磁歪を示すことから、 ω は大きい負の値をもつことを予想している。

つぎに、磁歪測定に好適な磁気抵抗効果の小さいストレインゲージを見だし、これを用いてキュリー点 θ が低く異常膨張の大きい試料 (37% Ni-Fe; $\theta = 220^\circ\text{C}$ および 32% Ni-Fe; $\theta = 130^\circ\text{C}$) について、前述の広い温度範囲にわたり強制磁歪の温度依存性を実測した結果、低温よりキュリー点に向かってほぼ直線的に増加し、キュリー点附近で急に減少していることを見いだしている。この増加と減少の仕方は、分子場近似から理論的に予想されるものよりずっとゆるやかである。これは、 $I(\delta I/\delta H)$ の温度変化が、実際は、理論よりずっとゆるやかであることと一致している。最近、ソビエトの Belov は張力 σ による自発磁化の変化を 36% Ni-Fe について、キュリー点以下の各温度で測定し、辻の結果と相似の結果を得ているが、これは熱力学的考察より、 $(\delta I/\delta \sigma)_{H,T} = (1/g)(\delta\omega/\delta H)_{\sigma,T}$ の関係があることから容易に理解できる。

辻は、また、熱力学的考察から分子場近似を用いて、 $\delta\omega/\delta H = (1/K)(dw/d\omega)I(\delta I/\delta H)_{T,P}$ という結果を導いている。ここに K は体積弾性率、 w は分子場定数で、 $dw/d\omega$ は強磁性相互作用が原子間距離とともにどう変わるかを表す量である。他方、Slater や Néel が原子間交換エネルギーと原子間距離との関係を理論的に導いているが、両者の理論には不一致の点があり、種々の問題点を含んでいる。辻が求めた $dw/d\omega$ は Slater の曲線と傾向が一致している。この意味において、辻の研究は、強磁性発生の本質にふれる非常に興味ある材料を提供している。

なお、キュリー点以上の温度でも強磁性的な相互作用が保たれると考えられるから、強制磁歪の現われることを予想し、異常熱膨張の大きい試料について実際に測定してこれを立証しているが、この観点から、常磁性温度範囲の磁歪が研究されたのは前例を見ない。

最後に、ストレインゲージは、一般にコンスタンタンを用いるが、これは低温において相当の磁気抵抗効果を示し、その大きさは磁場の 2 乗に比例することを見いだしている。この材料は 60°K 以下で強磁性であり、磁気抵抗変化 $\Delta R/R$ は $-k'(C/(T-\theta))^2 H^2$ によって示される (ここで C はキュリー定数、 k' は定数) ことを提案して、これを実証した (参考論文その三参照^{注3})。この研究は、将来の発展が期待され、高く評価される。

論文審査の結果の要旨

主論文においては、強磁性体の強制磁歪の等方的部分である体積磁歪に関して詳細な研究を行ない、今まで極めて局部的にしか研究されてなかったこの現象の全ぶりを初めて明らかにしている。すなわち、熱膨張の異常の大きい、かつ、キュリー点の低い物質について広い温度範囲にわたり強制磁歪をストレインゲージの方法を用いて測定し、さらに、熱力学的考察に基づいてこの現象と熱膨張の異常との関係を見い

だし、なお、原子間の磁氣的相互作用と原子間距離との関係を求めて、強磁性発生の本質的な問題に一つの重要な材料を提供している。また、キュリー点以上の領域においても強制磁歪の現われることを予想し、熱膨張の異常の大きい試料について測定してそれを立証している。

参考論文においては、共同研究者と協力して、磁歪の測定にストレインゲージを用い、従来の光学的方法による結果と比較し、多くの新しい知見を得ている(注1)。つぎに、常温における強制磁歪の研究を行ない、単結晶を用いてその異方的な部分が等方的な部分の数%以下であることを確かめた(注2)。これは、主論文の研究の端緒をなしている。最後に、ストレインゲージの磁気抵抗効果の研究を行ない、普通用いられるコンスタンタンには低温で大きい磁気抵抗効果のあることを見だし、それが磁場の2乗に比例し、測定温度とキュリー点の差の2乗に逆比例することを提案している(注3)。

要するに、辻 俊郎は、強磁性の磁歪および強磁性発生の理論の分野に価値ある新しい知見を加えたのであって、強制磁歪の系統的測定およびその熱力学的解釈は高く評価されるべきものである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。

〔主論文公表誌名〕

Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 13 (1958), No. 11.

〔参 考 論 文〕

注 1. The Measurement of Magnetostriction by means of Strain Gauge

(ストレインゲージによる磁歪測定)

共著者 ~ 高木秀夫

Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 11 (1956), No. 11.

注 2. 高磁場における磁歪

共著者 ~ 高木秀夫

金属物理 第3巻(昭. 32)第3号

注 3. A Note on the Magnetoresistance Effect of the Strain Gauge Wire

(ストレインゲージの磁気抵抗効果)

共著者 ~ 高木秀夫

Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 13 (1958), No. 11.